

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕСТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА ПЛОДОВ И НОВОРОЖДЕННЫХ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ПЧЕЛЬНИКОВА Е.Ф.\*, ЯНКОВСКИЙ И.Н.\*\*\*, ТИШКОВСКАЯ Т.В.\*

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,  
кафедра патологической анатомии,\*  
УО «Полесский государственный университет»\*\*\*

**Резюме.** Целью исследования являлось определение наиболее достоверных весовых и антропометрических показателей для установления гестационного возраста плодов и новорожденных.

Были проанализированы результаты 123 исследований за 2005-2009 гг. и результаты 303 исследований за 1999-2009 гг. ante- и интранатально погибших плодов по материалам Витебского областного патологоанатомического бюро.

Результатом исследования явились две регрессионные формулы для быстрого и точного определения гестационного возраста плодов, которые могут быть использованы в практической работе патологоанатомов, судебных медиков и неонатологов.

**Ключевые слова:** гестационный возраст, антропометрические показатели, регрессионное уравнение.

**Abstract.** The aim of this study was to assess the most informative weight and anthropometric values for fetus and newborn gestational age determination.

The results of 123 autopsies of ante- and intranatally died fetuses from 2005 to 2009 and of 303 autopsies of ante- and intranatally died fetuses from 1999 to 2009, investigated at Vitebsk regional pathoanatomical department, were analyzed.

The result of this research was two regressive mathematical formulae for quick and precise determination of fetus gestational age. These formulae may be used in practical work of pathoanatomists, specialists in forensic medicine and neonatologists.

В последнее время морфология и медицина вступают в новый этап развития, связанный с постепенной математизацией исследований, так как традиционные описательные подходы уже не могут удовлетворить запросы современной теоретической

и практической медицины. Изучение фундаментальных биологических явлений с позиции математического мышления, стремление интерпретировать факты на языке наиболее глубоких понятий и концепций характерны для математической морфологии. Количественная (математическая) морфология по существу только начинает развиваться и отражает тесные и разносторонние взаимодействия экспериментальных и теоретических методов ис-

*Адрес для корреспонденции:* 210023, г. Витебск, пр-т Фрунзе, д. 28, кв. 24, моб. тел.: +375 (29) 299-44-88 – Пчельникова Е.Ф.

следования. Особенно интенсивно количественные и математические методы исследования внедряются там, где сложные теоретические построения основываются на огромном объеме первичной информации в виде первичных данных [9].

Основной задачей морфологических дисциплин и патологической анатомии в частности является разработка таких теоретических принципов и таких закономерностей, которые могли бы объяснить частные явления, исходя из небольшого числа основных принципов и понятий.

Эмбриология человека изучает закономерности эмбрионального развития, его возрастные и типовые особенности на различных уровнях структурной организации живой материи. Для каждого периода развития организма человека на стадии эмбриона, плода и новорожденного характерны свои морфометрические линейные и объемные параметры тела, его отдельных частей, а также весовые параметров внутренних органов. По этим показателям определяется степень развития и зрелости плода, что в значительной степени определяет тяжесть и длительность заболевания новорожденных, а также влияет на формулировку и структуру патологоанатомического диагноза [5, 7].

Одной из задач как неонатолога, так и патологоанатома является определение возраста новорожденного или плода (срока гестации). Это необходимо для оценки уровня его общего развития, уровня развития отдельных органов и соответствия их нормативным показателям для данного гестационного возраста. Для этого неонатологом при рождении ребенка или патологоанатом при проведении вскрытия, проводится ряд антропометрических исследований. Полученные данные измерений (масса тела, рост, теменно-копчиковая длина, длина стопы, окружность головы и другие параметры) обычно сравниваются с табличными показателями, отражающими средние значения исследуемых параметров для данного региона.

Как известно, рост органов в период эмбриогенеза происходит быстро, носит линейный характер во 2-ом и 3-ем триместрах

беременности и несколько замедляется с 38-й недели. Рост и развитие отдельных органов взаимосвязаны, однако протекают по своим генетически запрограммированным закономерностям. Влияние экзо- и эндогенных факторов на эмбриональное развитие проявляется в нарушениях нормального развития внутренних органов на органном и тканевом уровнях их организации [1, 4]. Установление соответствия развития внутренних органов плода стандартным показателям для данного срока гестации необходимо для правильной оценки и интерпретации секционных данных.

Особенностью патологии детского возраста является наличие в структуре патологоанатомического диагноза такой сопутствующей патологии, как задержка внутриутробного развития (ЗВУР). Наличие или отсутствие ее у плода определяется по соответствию антропометрических и весовых показателей стандартным показателям для данного гестационного возраста, а также по соотношению весовых показателей отдельных внутренних органов [2, 8].

Таким образом, для установления гестационного возраста плода или новорожденного патологоанатом в своей практической работе должен в каждом случае определять не менее 5-7 антропометрических показателей и не менее 9-10 весовых показателей. Вывод о зрелости или незрелости плода, о наличии или отсутствии у него ЗВУР, который делает врач, в каждом случае во многом носит субъективный характер.

В то же время морфологические науки испытывают острую потребность в универсальных методах, идеях и подходах, которые обеспечили бы им переход на качественно новую ступень развития. Использование статистических методов исследования позволяет выявлять математические закономерности в динамике метрических и весовых параметров как целого организма, так и отдельных органов в ходе эмбриогенеза.

Целью данного исследования явилось выявление наиболее достоверных антропометрических и весовых показателей, а также математических закономерностей между ними для определения гестационного возраста плодов и новорожденных.

## Методы

Исследование выполнено на основе статистического анализа антропометрических данных плодов и мертворожденных, погибших интра- и антенатально в сроках гестации от 23 до 42 недель по данным отдела детской патологии Витебского областного клинического патологоанатомического бюро за 2005-2009 гг. и за 1999-2009 гг.

По данным протоколов вскрытий за 2005-2009 гг. проанализировано 123 случая, из которых 67 – были плоды мужского пола и 56 – женского пола.

Объектом анализа послужили следующие антропометрические данные: вес плода (г), рост плода (см), окружность головы (см), окружность груди (см), окружность живота (см), длина стопы (см).

Срок гестации во всех случаях учитывался по клиническим данным.

Статистическая обработка материала была проведена с помощью статистического непараметрического метода анализа парных регрессий [6].

## Результаты и обсуждение

На первом этапе анализа определялись парные регрессии по вышеуказанным антропометрическим признакам относительно срока гестации. Самая сильная корреляция оказалась по весу ( $r^2=0,6739$ ) и по длине стопы ( $r^2=0,6633$ ) (табл. 1).

Переход к увеличению размерности до 2-х факторов, один из которых всегда был «вес», показал, что самая сильная корреляция ( $r^2=0,70880434$ ) имела в уравнении «срок гестации = функция (вес, стопа)». Он был больше, чем в уравнении «срок гестации = функция (вес)» (табл. 2).

Увеличение размерности до 3-х факторов выявил самую сильную корреляцию со

Таблица 1

Матрица парных корреляций

	Вес (г)	Рост (см)	Окружность головы (см)	Окружность груди (см)	Окружность живота (см)	Длина стопы (см)	Срок гестации (нед.)
Вес (г)	1,00000	0,93256	0,88860	0,94041	0,90878	0,85083	0,81738
Рост (см)	0,93256	1,00000	0,87784	0,86596	0,80477	0,89046	0,83869
Окружность головы (см)	0,88860	0,87784	1,00000	0,88170	0,85703	0,84852	0,82653
Окружность груди (см)	0,94041	0,86596	0,88170	1,00000	0,93229	0,83221	0,79523
Окружность живота (см)	0,90878	0,80477	0,85703	0,93229	1,00000	0,78273	0,73017
Длина стопы (см)	0,85083	0,89046	0,84852	0,83221	0,78273	1,00000	0,81548
Срок гестации (нед.)	0,81738	0,83869	0,82653	0,79523	0,73017	0,81548	1,00000
Means	2166,17708	45,13021	30,01563	26,11458	24,61979	6,57813	34,09896
Std.Dev.	1027,67145	7,32668	4,30816	4,97863	4,95227	1,20028	5,29330
No.Cases	96,00000						
Matrix	1,00000						

Таблица 2

Коэффициенты корреляции при анализе 2-х факторов

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(105)	p-level
Intercept			16,39387	2,101800	7,799920	0,000000
Вес (г)	0,437669	0,101188	0,00223	0,000515	4,325314	0,000035
Длина стопы (см)	0,439432	0,101188	1,95595	0,450395	4,342735	0,000033

сроком гестации в группе признаков «вес, стопа, голова».

Скорректированный коэффициент детерминации оказался больше, чем в группе «срок гестации = функция (вес, стопа)», и составил 0,72863706 (табл. 3).

Увеличение размерности до 4-х факторов показал, что самая сильная корреляция имела в группе «срок гестации = функция (вес, стопа, голова, живот)». Скорректированный коэффициент детерминации равнялся 0,73566325. Он был больше, чем в группе «срок гестации = функция (вес, стопа, голова)» (табл. 4).

Однако этот коэффициент был еще выше в группе «срок гестации = функция (вес, стопа, голова, живот, рост)» и составил 0,73736903. Скорректированный коэффициент для всех 6-ти факторов составил 0,73769469 (табл. 5).

В итоговом регрессионном уравнении свободный член и 5 из 6-ти коэффициентов оказались незначимые. А в двухфакторном уравнении «срок гестации = функция (вес, стопа)» при незначительном уменьшении скорректированного коэффициента детерминации (0,70880434) все коэффициенты были значимые.

Полученное регрессионное уравнение имеет вид:

Таблица 3

### Коэффициенты корреляции при анализе 3-х факторов

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(101)	p-level
Intercept			9,373779	3,168255	2,958656	0,003849
Вес (г)	0,229805	0,120815	0,001166	0,000613	1,902113	0,060005
Длина стопы (см)	0,346503	0,117546	0,426678	0,144744	2,947815	0,003975
Окружность головы (см)	0,324217	0,106513	1,428098	0,469163	3,043928	0,002977

Таблица 4

### Коэффициенты корреляции при анализе 4-х факторов

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(91)	p-level
Intercept			11,70278	3,540241	3,30565	0,001357
Вес (г)	0,389910	0,157264	0,00201	0,000810	2,47933	0,015005
Длина стопы (см)	0,385852	0,129050	0,47408	0,158559	2,98995	0,003588
Окружность головы (см)	-0,199373	0,131120	-0,21310	0,140149	-1,52054	0,131842
Окружность живота (см)	0,312389	0,108924	1,37765	0,480362	2,86795	0,005134

Таблица 5

### Коэффициенты корреляции при анализе 6-ти факторов

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(90)	p-level
Intercept			7,779853	4,703713	1,653981	0,101615
Вес (г)	0,200533	0,217056	0,001033	0,001118	0,923879	0,358020
Длина стопы (см)	0,235923	0,187038	0,170447	0,135129	1,261366	0,210437
Окружность головы (см)	0,344984	0,132650	0,423870	0,162983	2,600702	0,010875
Окружность живота (см)	-0,125956	0,143071	-0,134630	0,152923	-0,880375	0,381001
Рост (см)	0,240648	0,122568	1,061269	0,540530	1,963386	0,052688

Срок гестации =  $16,39387 + 0,00223 \times \text{вес плода (г)} + 1,95595 \times \text{длина стопы (см)}$

Вторая часть нашего исследования выполнена на основе статистического и математического анализа антропометрических и весовых показателей внутренних органов плодов и мертворожденных за 1999-2009 гг. По данным протоколов вскрытий проанализировано 303 случая.

Наравне с антропометрическими данными изучались и весовые параметры внут-

ренних органов плодов и мертворожденных. Объектом анализа послужили следующие антропометрические и весовые показатели: вес плода (г), рост плода (см), вес головного мозга (г), вес печени (г), вес селезенки (г), вес сердца (г), вес почек (г), вес надпочечников (г), вес тимуса (г), вес поджелудочной железы (г).

Статистическая обработка материала была проведена с помощью математического непараметрического метода анализа парных регрессий (табл. 6).

Таблица 6

## Парные регрессии

	Плод			Вес внутренних органов в граммах							
	Темп гестац. (нед.)	Вес (г)	Рост (см)	Мозг	Легкие	Сердце	Печень	Селез.	Почки	Надпоч.	Тимус
Темп гестац. (нед.)	1,00	0,80	0,77	0,82	0,65	0,44	0,62	0,52	0,65	0,59	0,54
Вес (г)	0,80	1,00	0,86	0,82	0,75	0,55	0,82	0,63	0,74	0,77	0,68
Рост (см)	0,77	0,86	1,00	0,77	0,72	0,56	0,69	0,55	0,68	0,66	0,62
Мозг	0,82	0,82	0,77	1,00	0,75	0,52	0,74	0,59	0,75	0,69	0,68
Легкие	0,65	0,75	0,72	0,75	1,00	0,49	0,74	0,57	0,69	0,70	0,64
Сердце	0,44	0,55	0,56	0,52	0,49	1,00	0,57	0,52	0,54	0,51	0,41
Печень	0,62	0,82	0,69	0,74	0,74	0,57	1,00	0,73	0,72	0,83	0,64
Селез.	0,52	0,63	0,55	0,59	0,57	0,52	0,73	1,00	0,61	0,60	0,48
Почки	0,65	0,74	0,68	0,75	0,69	0,54	0,72	0,61	1,00	0,72	0,67
Надпоч.	0,59	0,77	0,66	0,69	0,70	0,51	0,83	0,60	0,72	1,00	0,64
Тимус	0,54	0,68	0,62	0,68	0,64	0,41	0,64	0,48	0,67	0,64	1,00

Таблица 7

## Множественная регрессия

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(283)	p-level
Intercept			18,61983	1,360887	13,68213	0,000000
Вес (г)	0,392816	0,077601	0,00202	0,000398	5,06198	0,000001
Рост (см)	0,192035	0,062204	0,13290	0,043051	3,08715	0,002221
Вес гол. мозга (г)	0,556921	0,059350	0,02662	0,002837	9,38363	0,000000
Вес легких (г)	0,014218	0,051274	0,00366	0,013192	0,27728	0,781766
Вес сердца (г)	-0,053785	0,038280	-0,03371	0,023991	-1,40505	0,161104
Вес печени (г)	-0,168083	0,070044	-0,01764	0,007350	-2,39969	0,017055
Вес селезенки (г)	0,044368	0,044332	0,04183	0,041794	1,00082	0,317770
Вес почек (г)	0,016324	0,052564	0,00950	0,030591	0,31054	0,756376
Вес надпочечников (г)	-0,028776	0,057390	-0,04752	0,094767	-0,50141	0,616471
Вес тимуса (г)	-0,117520	0,044396	-0,12470	0,047106	-2,64711	0,008573

Таблица 8

**Множественная регрессия**

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(288)	p-level
Intercept			18,77699	1,327279	14,14698	0,000000
Вес (г)	0,394273	0,076504	0,00202	0,000392	5,15361	0,000000
Рост (см)	0,180255	0,059650	0,12475	0,041283	3,02187	0,002738
Вес гол. мозга (г)	0,564815	0,056074	0,02700	0,002680	10,07276	0,000000
Вес печени (г)	-0,168105	0,053120	-0,01764	0,005574	-3,16459	0,001719
Вес тимуса (г)	-0,115725	0,042295	-0,12279	0,044877	-2,73616	0,006602

Было установлено, что между всеми параметрами существует прямая связь, причем самая слабая  $R=0,41$  между показателями «вес тимуса» и «вес сердца», а самая сильная  $R=0,86$  между показателями «рост» и «вес» (табл. 7).

Результаты анализа методом множественной регрессии показали, что вычисленные коэффициенты были незначимыми для следующих факторов: «вес легких», «вес сердца», «вес селезенки», «вес почек», «вес надпочечников». Эти факторы были исключены из уравнения.

Скорректированный коэффициент детерминации был равен Adjusted  $R^2=0,74685222$ .

Статистика Фишера  $F(10,283)=86,646$  свидетельствовала, что ни один из коэффициентов регрессионного уравнения нулю не равен.

После исключения из уравнения незначимых факторов была получена следующая множественная регрессия (табл. 8).

Анализ ошибок регрессионного уравнения, проведенный по статистическому методу Дарбина-Уотсона дал коэффициент ( $DW=2,123574$ ), который находился в пределах от 1,82 до 2,18 (близкий к значению 2), что подтверждает отсутствие автокорреляции остатков (рис. 1).

Полученное регрессионное уравнение имеет следующий вид:

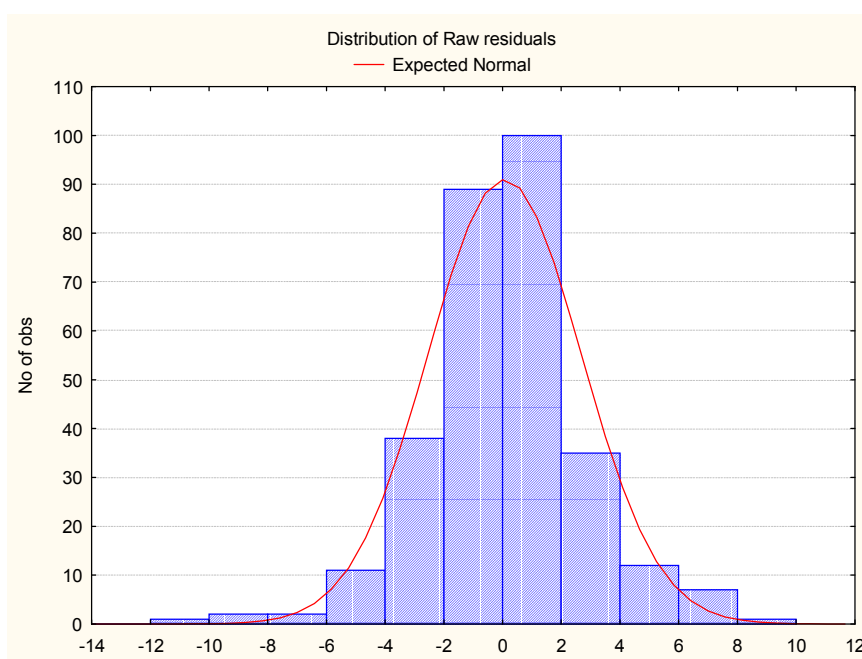


Рис. 1. Анализ ошибок регрессионного уравнения.

Срок гестации =  $18,777 + 0,002 \times \text{вес плода (г)} + 0,125 \times \text{рост плода (см)} + 0,027 \times \text{вес мозга (г)} - 0,018 \times \text{вес печени (г)} - 0,123 \times \text{вес тимуса (г)}$

Скорректированный коэффициент детерминации  $\text{Adjusted } R^2 = 0,74685222$  указывает, что факторы, включенные в уравнение, объясняют 74,7% влияния на темп гестации. Полученное регрессионное уравнение имеет хорошие прогнозные качества.

При сравнении коэффициентов детерминации двух полученных нами уравнений видно, что коэффициент второго уравнения (0,74685222) больше, чем коэффициент первого уравнения (0,70880434), поэтому второе уравнения предпочтительнее первого.

### Заключение

1. Наиболее достоверными и значимыми для определения гестационного возраста плода и новорожденного являются следующие антропометрические показатели: вес плода (г) и длина стопы (см).

2. Для определения гестационного возраста с использованием этих показателей получена следующая формула:

Срок гестации =  $16,39387 + 0,00223 \times \text{вес плода (г)} + 1,95595 \times \text{длина стопы (см)}$ .

Срок гестации, определяемый по первой формуле можно назвать «антропометрическим».

3. Для определения гестационного возраста плода по его весоростовым и весовым показателям наиболее достоверными являются: вес плода (г); рост плода (см); вес головного мозга (г); вес печени (г); вес тимуса (г).

4. Для определения гестационного возраста с использованием этих показателей получена следующая формула:

Срок гестации =  $18,777 + 0,002 \times \text{вес плода (г)} + 0,125 \times \text{рост плода (см)} + 0,027 \times \text{вес мозга (г)} - 0,018 \times \text{вес печени (г)} - 0,123 \times \text{вес тимуса (г)}$ .

Срок гестации, определяемый по второй формуле можно назвать «морфометрическим».

5. Первая формула может быть использована в работе врачей-неонатологов родильных отделений и в патологоанатомической службе. Вторая формула может быть использована как в патологоанатомической, так и в судебно-медицинской практике для уточнения срока гестации мертворожденных плодов в случае отсутствия достоверных или полных клинических данных.

6. Использование математического анализа позволяет устанавливать наличие тесных корреляционных связей между отдельными показателями, как отражение генетической детерминированности морфологических признаков. Таким образом, математический анализ позволяет объективизировать результаты морфологического исследования.

### Литература

1. Карпов, С.Л. Зависимость массо-ростовых показателей плода от места расположения плаценты / С.Л. Карпов, Н.А. Иванова // Акушерство и гинекология. – 1983. – № 10. – С. 29-30.
2. Лихачева, Н.В. Синдром задержки внутриутробного развития у новорожденных / Н.В. Лихачева // Медицина сегодня и завтра. – 2000. – № 1. – С. 76-78.
3. Мидлил, В. Практическая неонатология / В. Мидлил, Й. Воцел. – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
4. Милованов, А.П. Патология системы мать-плацента-плод / А.П. Милованов. – М., 1999.
5. Патология / под ред. М.А. Пальцева [и др.]. – М., 2002.
6. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных / О.Ю. Реброва. Издательство Медиа Сфера. – М., 2003. – 312 с.
7. Болезни плода, новорожденного и ребенка / Е.Д. Черствой [и др.]. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 477 с.
8. Шабалов, Н.П. Задержка внутриутробного роста и развития / Н.П. Шабалов // Неонатология. – М.: МЕДпресс-инфо, 2006. – Т. 1. – С. 88-109.
9. Шапаренко, П.Ф. Математическая морфология – путь к объективизации исследования / П.Ф. Шапаренко // Принципы пропорции, симметрии, структурной гармонии и математического моделирования в морфологии: материалы междунар. симп. – Винница, 1997. – С. 3-6.